

УДК 539.3

ЛИ ЧИНКЕЙ

Харьковский государственный технический университет
строительства и архитектуры

АНАЛОГОВОЕ ДЕМ-ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА "УГОЛЬНЫЙ ШТРЕК – ШЛАНГОВАЯ КРЕПЬ", КРОВЛЕЙ КОТОРОГО ЯВЛЯЮТСЯ ПЛАСТЫ, ИМЕЮЩИЕ ПОЛОСЧАТУЮ СТРУКТУРУ ТРЕЩИН

С помощью программы DEM показана закономерность распределения давления в кровле штрека при использовании штангового и безштангового креплений. На основе аналогового исследования механизма работы штанговой крепи совместно с боковой породой теоретически обосновывается направление исследования и определяются рациональные и оптимальные параметры крепления.

1. Определение усилий между кусками

В точке соприкосновения возникают: нормальная сила F_n , глубина проникновения δ_n . Соотношение между F_n и δ_n (рис.1) представлено зависимостью

$$F_n = K_n \cdot \delta_n. \quad (1)$$

При появлении между кусками нормальных перемещений $\Delta\delta_n$ (рис.2) связь между приращением усилия сдвига ΔF_s и $\Delta\delta_n$ получает вид

$$\Delta F_s = K_s \cdot \Delta\delta_s, \quad F_s = F_s^0 \cdot \Delta F_s. \quad (2)$$

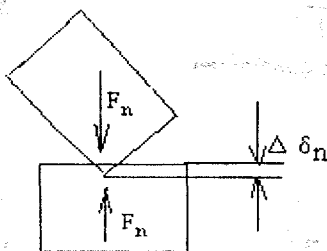


Рис.1 – Схема действия нормальной силы

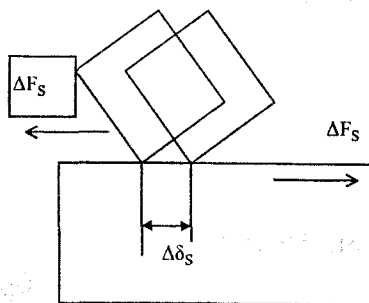


Рис.2 – Схема действия горизонтальной силы

1.1. Уравнение движения

Из формул (1), (2) видно, что при относительном перемещении примыкающих кусков можно определить группу сил, действующих на эти куски. Для каждого из кусков эти силы являются результирующи-

ми. По закону всемирного тяготения можно определить параллельный перенос центра тяжести куска и угол поворота куска вокруг своего центра.

Предположим, что между куском X и куском Y есть n точек соприкосновения. Если результирующая сила, действующая на кусок

вдоль оси X, равна $F_x = \sum_{i=1}^n F_{x_i}$, а результирующая сила, действующая

на кусок вдоль оси Y, равна $F_y = \sum_{i=1}^n F_{y_i}$, то равнодействующий момент сил M запишем так:

$$M = \sum_{i=1}^n (F_{y_i} \cdot x_i - F_{x_i} \cdot y_i). \quad (3)$$

Обозначим: масса куска – m , координаты центра тяжести – (x, y) , перемещение куска по направлениям x и y соответственно – U_x, U_y , скорость – V_x, V_y . Тогда

$$\frac{\partial V_x}{\partial t} = \frac{F_x}{m}, \quad \frac{\partial V_y}{\partial t} = \frac{F_y}{m}, \quad V_x = \frac{\partial u}{\partial t}, \quad V_y = \frac{\partial v}{\partial t}, \quad (4)$$

угловое ускорение

$$\omega = \frac{\partial \theta}{\partial t}, \quad \frac{\partial \omega}{\partial t} = \frac{M}{I}, \quad (5)$$

где θ – угловая скорость вращения куска вокруг центра масс; I – момент инерции куска вокруг центра масс.

В одном циклическом процессе объем параллельного переноса и объем вращения куска выглядят следующим образом:

$$u_{x(t+\Delta t)} = u_{x(t)} + v_{x(t+\Delta t)} \cdot \Delta t, \\ u_{y(t+\Delta t)} = u_{y(t)} + v_{y(t+\Delta t/2)} \cdot \Delta t, \quad \theta_{(t+\Delta t)} = \theta_t + \omega_{(t+\Delta t/2)} \cdot \Delta t. \quad (6)$$

2. Построение численной модели

Метод дискретных элементов использует модель плоской деформации. Численное моделирование направлено перпендикулярно к простиранию штрека, угольного пласта и его кровли. Граница почвы горизонтальная. Моделирование геологического разреза дискретными элементами представлено на рис.3.

Длина, перпендикулярная к простиранию, – 20 м, высота – 20 м.

Они включают в себя твердую почву – 3 м, горизонтальную кровлю сланца – 4 м, горизонтальную кровлю алевролита – 4 м и прочную кровлю песчаника – 2 м. Характер материала модели приведен в табл.1. Условия границы модели: нижняя часть считается границей силы, величина границы – 1,2 МПа, сетевой график дискретных элементов показан на рис.3.

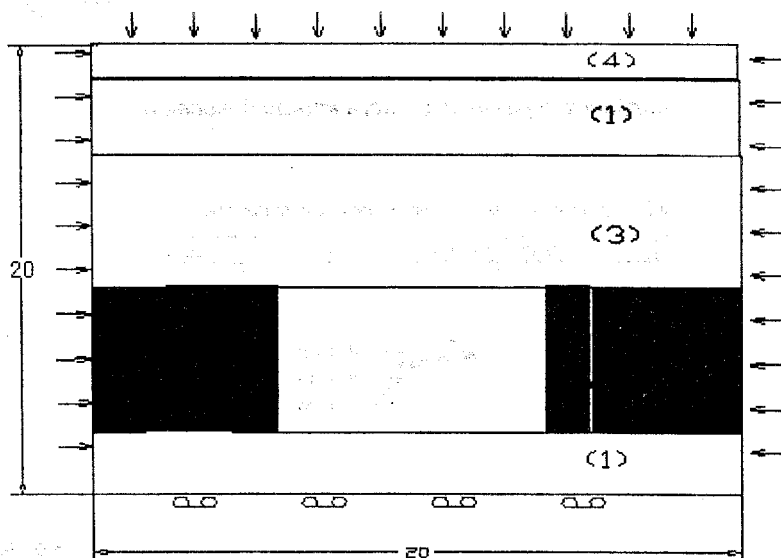


Рис.3 – Схема геологической модели

Таблица 1 – Механические свойства материала пластов

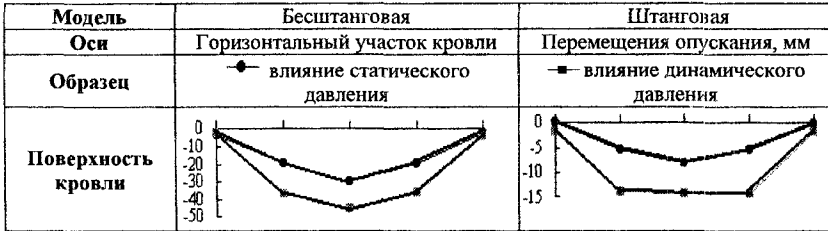
Характеристики	Наименование материалов				
	алевролит	уголь	сланец	песчаник	трещина
Модуль упругости E, МПа	10	3	8	15	8
Коэффициент Пуассона, μ	0,29	0,28	0,28	0,22	0,6
Прочность сцепления, МПа	10	1,2	8,5	16	0,5
Угол внутреннего трения, град.	36	30	30	40	15
Плотность, $\text{кН}\cdot\text{м}^{-3}$	22	20	20	25	
Прочность на растяжение, МПа	2,0	0,2	0,6	6,2	0

3. Результат исследования численного аналога

3.1. Перемещение породных слоев кровли

В процессе численной аналогии DEM определены перемещения породных слоев кровли в штреке. Перемещения (опускание) породных слоев, находящихся на поверхности кровли, представлены в табл.2.

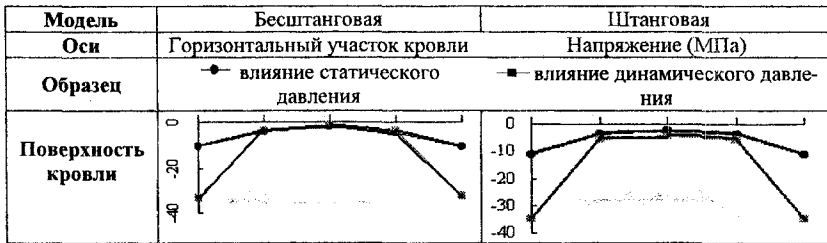
Таблица 2 – Эпюры перемещений породных слоев кровли



3.2. Напряжения различных слоев кровли боковой породы

В процессе численной аналогии DEM найденные перемещения сведены в табл.3.

Таблица 3 – Кривые напряжений различных слоев кровли



3.3. Изменение положения КЭ модели боковой породы

Положение слоев кровли боковой породы пласта, имеющего полосчатую структуру трещин, на стадиях статического и динамического давления показано на рис.4.

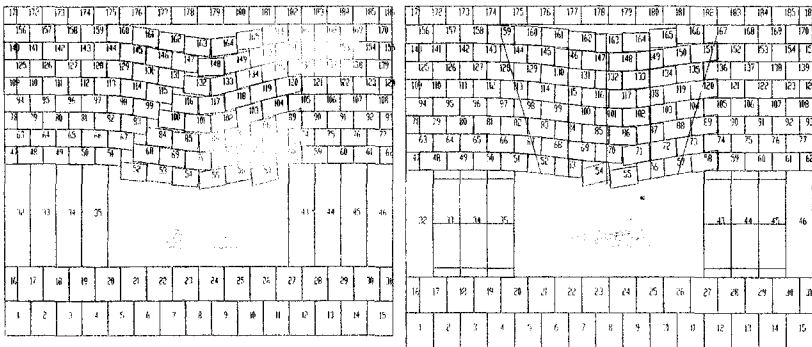


Рис.4 – Окончательное состояние разрушения модели

4. Анализ результата аналогового исследования DEM

4.1. Анализ перемещений слоев кровли

1) Закономерность распределения перемещений целого пласта видна из табл.3 и рис.4: штанги ограничивают опускание слоев кровли, наличие их обеспечивает равномерность перемещений пласта анкеровки.

2) Механические свойства пласта анкеровки модели выше по сравнению с механическими свойствами бесштанговой крепи (см. рис.4). В модели со штангами сопротивление перемещениям по сравнению с бесштанговой моделью повысилось на 215,7%.

3) Перемещения различных слоев кровли бесштанговой крепи неравномерны. Перемещения слоев в середине пролета штреха самые большие, а в углах между кровлей и стенками – меньшие. Возникновение самого большого перемещения в середине пролета объясняется нарушением устойчивости в середине шарнирного свода (см. рис.4).

4.2. Распределение напряжений породных слоев кровли

1) В верхней части прямоугольного штреха, боковая порода которого характеризуется полосчатой структурой трещин пласта, существует зона снижения напряжений.

2) Роль воздействия штанги на боковую породу на начальном этапе проявляется в образовании кругового конуса давления между двумя концами штанги. Из табл.3 следует, что в месте расположения двух концов штанги напряжение меньше, чем в ее середине по отношению к напряжениям в боковой породе по длине отдельной штанги. Это доказывает, что под действием штанги в боковой породе образовался круглый конус давления (составная балка), симметричная ось которого – штанга, а вершина – внешняя часть двух концов штанги. При большой деформации породных слоев кровли в нижней части составной балки появляются трещины, породный массив начинает поворачиваться и возникает шарнирный свод. Роль штанг заключается в соединении шарнирных сводов различных слоев в единый шарнирный свод. Круговой конус давления штанг существует, его вершина направлена вверх.

Таким образом, штанговые крепи играют значительную роль при ограничении опускания породных слоев кровли.

Без штанговой крепи перемещения различных слоев боковой породы полосчатой структуры неравномерные – в середине пролета они больше, а в модели со штанговой крепью наблюдается полностью опускание породных слоев пласта анкеровки. В середине пролета перемещения чуть больше.

В верхней части прямоугольного штреха, боковая порода которо-

го характеризується полосчастою структурою трещин пласта, існує зона зниження напружень. В боковій породі такої плити утворюється круговий конус тиснення між двома кінцями штанги. Тому при установці штанги потрібно прикласти певне передваріальне напруження. Кутіві штанги грають ключову роль при збільшенні опору тисненню напруженню зміщення порідних шарів, що знаходяться в кутах між кровлями і стінками.

1.Cundall P.A. 1979 "A Computer Model for Simulating Progressive Large Scale Movements in Blocky Rock Systems", Proc. Symp. Rock Fracture, (ISRM) , NANCY, Paper, p. 8.

2.Voegele M.D. and Fairhurst C.1982, "A Numerical Study of Excavation Support Loads in Jointed Rock Masses" Proc., 23-th Symp. on Rock Mechanics, Berkley, pp. 673-678.

3.Cundall P.A., etc. A Discrete Numerical Model for Granular Assemblies, Geotechnique 29, No 1, p. 47-65, 1979.

Получено 25.07.2001

УДК 624.012.1.2:624.04

Р.А.МІЩЕНКО

Полтавський державний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ ПОЗАЦЕНТРОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ БАГАТОШАРОВОЇ КАМ'ЯНОЇ КЛАДКИ ІЗ ЖОРСТКИМИ В'ЯЗЯМИ

Запропоновано методику визначення впливу ділянок, що оточують стиснену частину перерізу, на несучу здатність багатошарового кам'яного простінка із жорсткими в'язями при позацинтровому навантаженні.

Розраховуючи суцільні кам'яні елементи, що працюють на позацинтрове стиснення, враховують фактичну несучу здатність стисненої зони кладки. До цього слід додати, що міцність цієї зони внаслідок утримуючого впливу оточуючих ділянок розтягнутої або розтрісканої кладки (ефект обійми), як і місцевого стиснення, вища порівняно з міцністю кладки на центральне стиснення. Цей ефект тим більший, чим менша відносна висота стисненої зони, тобто чим вище значення ексцентриситету. Розрахунковий переріз тришарових стін має вигляд двотавра. Знаходження коефіцієнта ω , що враховує ефект обійми, за формулою норм [1] недоцільно для тришарових кам'яних стін, оскільки зона утримуючого впливу оточуючих ділянок залежить не тільки від ексцентриситету прикладення зусиль і відстані від центру ваги до краю перерізу, а й від ширини шарів b_i (див. рисунок).

Щоб урахувати зону утримуючого впливу оточуючих ділянок навколо стисненої частини перерізу для тришарових кам'яних стін із жорсткими в'язями, при обчисленні ω за табл.19 [1] необхідно замі-